

IAP20 Rec'd PCT/EP 25 JAN 2006

### Geschwindigkeitsmessung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, ein System und ein Verfahren zum Messen einer Geschwindigkeit.

Zum Messen von Geschwindigkeiten einer Vorrichtung oder eines Systems werden zur Zeit verschiedenste Verfahren und Vorrichtungen eingesetzt. Diese sind aber in der Regel nicht besonders genau, beanspruchen viel Raum oder erfordern externe Informationen.

In dem Kapitel "Navigation, Sagnac-Effekt und Michelson-Experiment" von M. Böhm aus dem Buch "Ortung und Navigation", 1984, werden hypothetische Überlegungen zu einer absoluten Geschwindigkeitsmessung angestellt. Es wird angenommen, dass ein LASER ein Signal über zwei parallele, benachbarte Ausbreitungsstrecken derselben Länge mit unterschiedlichen Brechungsindizes sendet. Über die Laufzeitdifferenz ließe sich die inertiale translatorische Geschwindigkeit direkt messen. Als Alternative wird auch eine entsprechende Auswertung von Schallsignalen erwähnt. Als Ergebnis wird dort die Unmöglichkeit apostrophiert.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine real einsetzbare, unabhängige und zuverlässige Geschwindigkeitsmessung zu ermöglichen.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zum Messen einer Geschwindigkeit. Die Vorrichtung umfasst mindestens eine Quelle ausgestaltet zum Erzeugen mindestens einer

Emission. Die Vorrichtung umfasst ferner mindestens zwei Pfade, auf denen sich mindestens ein Anteil mindestens einer von der mindestens einen Quelle erzeugten Emission mit jeweils bekannter Wellenlänge und jeweils bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit ausbreitet. Dabei sind die Pfade derart ausgebildet, dass eine translatorische Bewegung der Vorrichtung eine Phasenverschiebung zwischen den sich auf den mindestens zwei Pfaden ausbreitenden Emissionsanteilen bewirkt. Die Vorrichtung umfasst außerdem Auswertmittel, ausgestaltet zum Erfassen von Emissionsanteilen, die die mindestens zwei Pfade verlassen, und zum Bestimmen der Geschwindigkeit der Vorrichtung in mindestens einer Raumrichtung durch Auswertung einer Änderung der Phasenverschiebung zwischen den erfassten Emissionsanteilen gegenüber einer Phasenverschiebung bei ruhender Vorrichtung. Die Vorrichtung ist schließlich so ausgebildet, dass eine Änderung der Phasenverschiebung der von den Auswertmitteln erfassten Emissionsanteile aufgrund einer rotatorischen Bewegung der Vorrichtung verhindert oder kompensiert wird.

Mit Wellenlänge wird hier die universelle physikalische Wellenlänge bezeichnet, die jedem Objekt zuordbar ist.

Die Aufgabe wird ebenso gelöst durch ein System, das eine bzw. mehrere solcher Vorrichtungen zur Erfassung der Geschwindigkeit des Systems umfasst.

Schließlich wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Messung der Geschwindigkeit einer Vorrichtung. Das Verfahren umfasst ein Erzeugen mindestens einer Emission. Das Verfahren umfasst zudem ein Übertragen jeweils mindestens eines Anteils der mindestens einen Emission

auf mindestens zwei Pfaden mit jeweils bekannter Wellenlänge und jeweils bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit. Dabei bewirkt eine translatorische Bewegung der Vorrichtung eine Phasenverschiebung zwischen den sich auf den mindestens zwei Pfaden ausbreitenden Emissionsanteilen. Das Verfahren umfasst des weiteren ein Erfassen der die mindestens zwei Pfade verlassenden Emissionsanteile, und ein Bestimmen der Geschwindigkeit der Vorrichtung in mindestens einer Raumrichtung durch Auswertung einer Änderung der Phasenverschiebung zwischen den erfassten Emissionsanteilen gegenüber einer Phasenverschiebung bei ruhender Vorrichtung. Dabei wird eine Änderung der Phasenverschiebung der Emissionsanteile aufgrund einer rotatorischen Bewegung der Vorrichtung verhindert oder kompensiert.

Die Erfindung basiert zum einen auf der Überlegung, dass der Sagnac-Effekt nicht nur hypothetisch zur Geschwindigkeitsmessung ausgenutzt werden kann. Die Erfindung basiert zum anderen auf der Überlegung, dass allerdings in der hypothetischen Vorrichtung von Böhm das Messergebnis durch rotatorische Bewegungen der Vorrichtung verfälscht werden kann.

Es wird deshalb vorgeschlagen, dass zur Geschwindigkeitsbestimmung einerseits die Änderung einer Phasenverschiebung zwischen sich auf zwei unterschiedlichen Pfaden ausbreitenden Emissionsanteilen erfasst wird, und dass andererseits ein Einfluss einer rotatorischen Bewegung verhindert wird. Die Messrichtung wird dabei von den Freiheitsgraden der Ausbreitung der in die Pfade eingespeisten Emissionsanteile bestimmt.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass sie eine zuverlässige und unabhängige Geschwindigkeitsmessung ermöglicht. Sie lässt sich dabei auf kleinstem Raum realisieren und ist damit besonders flexible und vielfältig einsetzbar.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die mindestens eine Quelle kann in unterschiedlichster Weise ausgebildet sein. Sie kann zum Beispiel eine Lichtquelle umfassen, etwa in Form eines beliebigen LASERS. Alternativ kann die Quelle zum Beispiel auch einen MASER oder eine Elektronenstrahlquelle umfassen. Die mindestens eine Quelle kann des Weiteren Emissionen an einem Emissionsort oder an räumlich getrennten Emissionsorten erzeugen. Die den mindestens zwei Pfaden zugeführten Emissionsanteile können des Weiteren gleichzeitig oder in zeitlichem Abstand ausgegeben werden. Es kommt lediglich darauf an, dass der sich auf den beiden Pfaden ergebende Phasenversatz zwischen den Emissionsanteilen im Ruhezustand der Vorrichtung bekannt ist. Es versteht sich, dass wenn die mindestens eine Quelle mehrere Emissionen erzeugt, der jeweilige Emissionsanteil auch eine jeweils vollständige Emission umfassen kann.

Die eingesetzten Pfade können ebenso in unterschiedlichster Weise ausgebildet sein, solange sie geeignet sind, die von der Quelle erzeugten Emissionsanteile weiterzuleiten. Die Pfade können aus dem gleichen Material oder aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Auch ein einzelner Pfad kann homogen oder inhomogen sein. Er kann also durchgehend aus einem Material bestehen oder aus mehreren Teilstücken aus

unterschiedlichen Materialien zusammengesetzt sein. Wenn die Quelle eine Lichtquelle umfasst, können die Pfade etwa Lichtwellenleiter umfassen, oder Reflektoren, die durch Ablenkungen des Emissionsanteils den Verlauf des jeweiligen Pfads bestimmen.

Eine Änderung der Phasenverschiebung zwischen den sich auf den mindestens zwei Pfaden ausbreitenden Emissionsanteilen aufgrund einer translatorischen Bewegung der Vorrichtung kann dadurch erzielt werden, dass die Emissionsanteile auf den beiden Pfaden im Ruhezustand der Vorrichtung unterschiedlich lange brauchen, um den Pfad zu durchlaufen, d.h. durch unterschiedliche physikalische Längen der Pfade. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die geometrische Weglänge auf dem einen Pfad länger ist als auf dem anderen und/oder dadurch, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit auf dem einen Pfad länger ist als auf dem anderen, beispielsweise aufgrund verschiedener Brechungsindizes verschiedener eingesetzter Materialien. Je größer der Laufzeitunterschied auf den beiden Pfaden, desto größer ist die Auflösung der erfassten Geschwindigkeit.

Ferner kann der Einfluss einer rotatorischen Bewegung auf die Geschwindigkeitsbestimmung auf verschiedene Weisen ausgeschaltet werden.

So können zum Beispiel bereits die Pfade in ihrer geometrischen Gestaltung so ausgebildet werden, dass ein rotatorischer Einfluss auf die Phasenlage der Emissionsanteile von vornherein verhindert wird. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Pfade außerhalb einer imaginären Geraden gleich große Pfadanteile auf

gegenüberliegenden Seiten dieser Geraden aufweisen. Die imaginäre Gerade kann dabei zum Beispiel einen gemeinsamen Anfangspunkt und einen gemeinsamen Endpunkt der Pfade verbinden. Sie entspricht in der Regel der Messrichtung der Vorrichtung.

Alternativ kann aber auch eine nachträgliche, rechnerische Kompensation einer rotatorischen Bewegung erfolgen. Hierzu wird die rotatorische Bewegung der Vorrichtung separat erfasst. Die ermittelte Änderung der Phasenverschiebung der Emissionsanteile auf den zwei Pfaden wird dann entsprechend des rotatorischen Einflusses korrigiert, bevor die Geschwindigkeit bestimmt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die mindestens zwei Pfade so ausgebildet, dass sie zumindest ein gemeinsames Pfadstück aufweisen. Die in die mindestens zwei Pfade eingespeisten Emissionsanteile durchlaufen das gemeinsame Pfadstück dann in entgegengesetzter Richtung. Hierdurch können für einen der Pfade die Bauteile in Anzahl und/oder Größe minimiert werden, beispielsweise die Anzahl von Reflektoren oder die Länge von Lichtwellenleitern, usw. Des Weiteren verringert ein gemeinsames Pfadstück Unterschiede in der Temperatur und in sonstigen Pfadkonditionen auf den mindestens zwei Pfaden, die den Phasenversatz unerwünscht beeinflussen könnten.

Das gemeinsame Pfadstück kann beispielsweise so ausgestaltet sein, dass es einen ersten Pfadanteil aufweist, der von einem der Emissionsanteile in eine Messrichtung der Vorrichtung durchlaufen wird und einen zweiten Pfadanteil, der von diesem Emissionsanteil in

eine der Messrichtung entgegengesetzten Richtung durchlaufen wird, wobei die beiden Pfadanteile bei ruhender Vorrichtung eine unterschiedliche physikalische Länge aufweisen. Hierdurch wird sichergestellt dass stets einer der Pfade in Messrichtung eine größere physikalische Länge aufweist als ein anderer der mindestens zwei Pfade.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die Vorrichtung ferner mindestens einen Beschleunigungssensor, mit dem auch ohne Bewegung ein Bezug zur lokalen Schwerkraftnormalen hergestellt werden kann. Das heißt, ein Beschleunigungssensor kann dazu genutzt werden, die Ausrichtung der Vorrichtung im Raum in einem Anfangszustand zu ermitteln, von dem ausgehend die Geschwindigkeit der Vorrichtung erfindungsgemäß bestimmt wird. Ein solcher Beschleunigungssensor kann beispielsweise auch mittels einer Wasserwaage realisiert werden.

Für eine Geschwindigkeitsmessung in einer einzigen Raumrichtung ist lediglich eine erfindungsgemäße Vorrichtung erforderlich. Diese Vorrichtung wird dann so ausgerichtet, dass ihre Messrichtung mit der gewünschten Raumrichtung übereinstimmt. Die Vorrichtung kann darüber hinaus jeweils so lange gedreht werden, bis eine maximale Änderung der Phasenverschiebung zwischen den Emissionsanteilen erzielt wird. Die Bewegungsrichtung entspricht dann der Messrichtung der Vorrichtung in der Lage, in der die maximale Änderung erzielt wird.

Für eine einfachere und schnellere Erfassung einer Geschwindigkeit in mehreren Richtungen können in einem erfindungsgemäßen System aber auch mehrere der

erfindungsgemäßen Vorrichtungen eingesetzt werden, die die Geschwindigkeit gleichzeitig in unterschiedlichen Raumrichtungen erfassen. Hierbei kann optional eine einzige Quelle gleichzeitig zur Emissionserzeugung für mehrere der Vorrichtungen genutzt werden. Beispielsweise kann eine Lichtquelle ein Lichtsignal gleichzeitig in eine Mehrzahl von geeignet ausgerichteten Lichtwellenleitern einspeisen. Zur vollständigen Erfassung von translatorischen und rotatorischen Bewegungen eines Systems umfasst das System mindestens sechs der erfindungsgemäßen Vorrichtungen. Durch mathematische Berechnungen lässt sich dann bei einer geeigneten Anordnung der Messrichtungen der sechs Vorrichtungen jede beliebige Bewegung größenmäßig erfassen.

Die Genauigkeit der Messungen hängen insbesondere ab von der Wellenlänge der Emissionen sowie von den Laufzeitunterschieden auf den mindestens zwei Pfaden.

Die mögliche Wiederholrate der Messungen ist insbesondere von der Laufzeit des Emissionsanteils auf dem Pfad mit der längeren Laufzeit und von der für die Auswertung benötigten Zeit abhängig.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung kann genutzt werden, um ihre Eigengeschwindigkeit zu bestimmen. In diesem Fall kann die Vorrichtung selber weitere Bauteile und Funktionen aufweisen, insbesondere solche, für die die Geschwindigkeitsmessung von Interesse ist. Wird die Vorrichtung in einen festen Bezug zu einem anderen bewegten Objekt gebracht, so lässt sich mittels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung aber auch die



Geschwindigkeit beliebiger Objekte bestimmen.  
Entsprechendes gilt für das erfindungsgemäße System.

Die Erfindung kann in den verschiedensten Gebieten eingesetzt werden, beispielsweise zur Bestimmung von Geschwindigkeit, Ort und Lage in einem Navigationssystem oder zur Erfassung der Bewegungen einer Computermaus.

Es versteht sich, dass die Funktionen von strukturellen Merkmalen in den vorgestellten Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Vorrichtung entsprechend auch als funktionale Merkmale in Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Verfahrens eingesetzt werden können und umgekehrt.

Ausgestaltungen der Erfindung werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

- Fig. 1 schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung,
- Fig. 2 schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 3 schematisch ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 4 schematisch ein viertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und
- Fig. 5 schematisch die Ausrichtung von Messanordnungen zur Messung beliebiger Geschwindigkeiten mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Figur 1 illustriert schematisch eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, das eine Geschwindigkeitsmessung in eine Richtung erlaubt.

In der Vorrichtung 1 ist eine Quelle 10 an einem Emissionsort über zwei Pfade 11, 12 mit einem Phasenvergleich 13 an einem Messort verbunden. Zusätzlich ist eine Drehmeseinrichtung 14 mit dem Phasenvergleich 13 verbunden.

Die Quelle 10 erzeugt zur Zeit  $t_0$  eine Emission, von der Anteile mit gleicher Phasenlage in beide Pfade 11, 12 eingespeist werden. Die beiden Pfade 11 und 12 sind so ausgebildet, dass die Emissionsanteile eine unterschiedliche Zeit benötigt um den durch den jeweiligen Pfad gebildeten Weg zurückzulegen.

Die Quelle 10 kann beispielsweise ein LASER sein, der ein Lichtsignal emittiert, und die zwei Pfade 11, 12 können beispielsweise zwei gleichlange Lichtleiter aus unterschiedlichen Materialien mit verschiedenen Brechungsindizes sein.

An dem Messort werden die Emissionsanteile von den beiden Pfaden 11, 12 zu einem Interferenzsignal überlagert. Der Phasenvergleich 13 wertet das Interferenzsignal aus. Befindet sich die Vorrichtung 1 in einem Ruhezustand, so ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten auf den beiden Pfaden 11, 12 ein bestimmter Phasenversatz zwischen den Emissionsanteilen. Auf dem Pfad 11 kann sich zum Beispiel im Ruhezustand eine Laufzeit von  $t_1$  ergeben und auf dem Pfad 12 eine Laufzeit von  $t_2$ . Die Laufzeit  $t_1$  ist dabei um einen Faktor  $a$  größer als  $t_2$ , also  $t_1 = a \cdot t_2$ . Solange sich die Vorrichtung nicht bewegt, bildet sich somit am Messort ein Interferenzsignal aus den zu den Zeiten  $t_0$  und  $t_0 + (t_1 - t_2)$  erzeugten Emissionsanteilen.

Bewegt sich nun die Vorrichtung mit einer Richtungskomponente, die einer Verbindungslinie zwischen dem Emissionsort und dem Messort entspricht, so ändert sich dieser Phasenversatz.

Bewegt sich die Vorrichtung 1 mit einer Geschwindigkeit  $v = \Delta l / \Delta t$  in Blickrichtung vom Emissionsort zum Messort, so addiert sich für beide Pfade 11, 12 eine Phasenverschiebung durch diese Bewegung. Hierbei ist  $\Delta l$  die Länge der Pfade 11, 12 und  $\Delta t$  die Zeit, die die Vorrichtung 1 für die Strecke  $\Delta l$  benötigt. Die Laufzeit erhöht sich aufgrund des Sagnac-Effekts auf Pfad 12 um  $\Delta t$  und auf Pfad 11 um  $a \cdot \Delta t$ . Am Ausgang des Pfades 11 liegt somit eine Phaselage vor, die der Phasenlage eines ruhenden Pfades mit der Laufzeit von  $t_1 + a \cdot \Delta t$  entspricht, während am Ausgang des Pfades 12, eine Phasenlage vorliegt, die der Phasenlage eines ruhenden Pfades mit der Laufzeit von  $t_2 + \Delta t$  entspricht. Die Änderung der Phasenverschiebung zwischen den Emissionsanteilen auf den beiden Pfaden 11, 12 in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $v$  um  $(a-1) \cdot \Delta t$  ergibt ein periodisches Interferenzsignal.

Der Phasenvergleich 13 bestimmt anhand des Interferenzsignals das Ausmaß der Änderung und anhand dessen die translatorische Geschwindigkeit  $v$  der Vorrichtung 1.

Die ermittelte Geschwindigkeit kann dann auf beliebige Weise genutzt werden, zum Beispiel für eine unmittelbare Anzeige der Geschwindigkeit auf einer Anzeigeeinheit oder

für Berechnungen in einem Navigationssystem. Die für die Weiterverarbeitung der ermittelten Geschwindigkeit benötigten Komponenten können in die Vorrichtung 1 integriert sein oder extern mit ihr verbunden sein, beispielsweise als Teil einer anderen Vorrichtung.

Sind die beiden Pfade 11, 12 ohne weitere Berücksichtigungen angeordnet, etwa parallel zueinander wie dargestellt, so bewirkt allerdings auch eine rotatorische Bewegung der Vorrichtung 1 eine Änderung der Phasenverschiebung, die sich der beschriebenen Änderung der Phasenverschiebung aufgrund einer translatorischen Bewegung überlagert.

Für diesen Fall ist die Drehmesseinrichtung 14 vorgesehen, die eine rotatorische Bewegung der Vorrichtung 1 erfasst. Die Drehmesseinrichtung 14 kann beispielsweise mittels eines Laserkreisels gebildet werden. Die Drehmesseinrichtung 14 liefert ein Signal an den Phasenvergleichler 13, der daraus den Anteil der Änderung des Phasenversatzes der Emissionsanteile auf den beiden Pfaden 11, 12 aufgrund einer Rotation der Vorrichtung 1 bestimmt. Bevor der Phasenvergleichler 13 nun die translatorische Geschwindigkeit der Vorrichtung 1 basierend auf der Änderung des Phasenversatzes zwischen den Emissionsanteilen auf den beiden Pfaden 11, 12 bestimmt, subtrahiert er zunächst von der Änderung den Anteil, der sich aufgrund einer rotatorischen Bewegung ergibt.

Eine solche separate Drehmesseinrichtung 14 ist nicht erforderlich, wenn die Pfade 11, 12 bereits so ausgebildet sind, dass ein Einfluss einer rotatorischen Bewegung auf eine Änderung der Phasenverschiebung

zwischen den Emissionsanteilen auf den Pfaden 11 und 12 von vornherein verhindert wird.

Figur 2 zeigt schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, in dem die Pfade ebenfalls zur Kompensation des Einflusses von rotatorischen Bewegungen ausgebildet sind.

Die Vorrichtung 2 umfasst wiederum eine Quelle 20 an einem Emissionsort sowie einen Phasenvergleichler 23 mit einem nicht separat dargestellten Detektor an einem Messort. Auf einer direkten Verbindungslinie zwischen der Quelle 20 und dem Phasenvergleichler 23 ist ein erster Strahlenteiler 24 in der Nähe der Quelle 20 und ein zweiter Strahlungsteiler 25 in der Nähe des Phasenvergleichlers 23 angeordnet. Ferner wird die Strecke zwischen der Quelle 20 und dem Phasenvergleichler 23 nach oben und nach unten hin von flächigen Reflektoren 26, 27 begrenzt.

Erzeugt die Quelle 20 eine Emission, so breitet sich ein erster Emissionsanteil entlang der direkten Verbindungslinie zum Phasenvergleichler 23 aus. Der erste Strahlungsteiler 24 lässt hierzu einen ersten Anteil der Emission ohne Ablenkung passieren, und der zweite Strahlenteiler 25 lässt den vollständigen ersten Emissionsanteil passieren.

Andererseits wird ein zweiter Anteil einer von der Quelle 20 erzeugten Emission von dem ersten Strahlenteiler 24 nach oben hin abgelenkt. Dieser zweite Emissionsanteil trifft auf den oberen Reflektor 26, wird von diesem reflektiert, trifft auf den unteren Reflektor 27, wird von diesem reflektiert, etc. Der Ablenkungswinkel durch

den ersten Strahlenteiler 24 ist dabei so eingestellt, dass der zweite Emissionsanteil schließlich von dem unteren Reflektor 27 genau zu dem zweiten Strahlenteiler 25 hin reflektiert wird. Der zweite Strahlenteiler 25 lenkt den zweiten Emissionsanteil wiederum ab, so dass er, ebenso wie der erste Emissionsanteil, dem Phasenvergleichs 23 zugeführt wird.

Aufgrund der unterschiedlichen Länge der Pfade 21, 22 benötigen die Emissionsanteile in dieser Vorrichtung 2 somit ebenfalls eine unterschiedliche Zeit um den durch den jeweiligen Pfad gebildeten Weg zurückzulegen.

An dem Messort wertet der Phasenvergleichs 23 das aus den beiden Emissionsanteilen entstehende Interferenzsignal aus. Befindet sich die Vorrichtung in einem Ruhezustand, so ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Weglängen ein bestimmter Phasenversatz zwischen den Emissionsanteilen. Bewegt sich die Vorrichtung mit einer Richtungskomponente, die der Verbindungslinie zwischen dem Emissionort und dem Messort entspricht, so ändert sich dieser Phasenversatz. Der Phasenvergleichs 23 bestimmt das Ausmaß der Änderung und anhand dessen die translatorische Geschwindigkeit der Vorrichtung.

Auch in diesem Fall ist eine separate Kompensation von Phasenänderungen aufgrund möglicher rotatorischer Bewegungen nicht erforderlich, denn solche Phasenveränderungen werden durch die symmetrische Ausbreitung der Emissionsanteile zwischen der Quelle 20 und dem Phasenvergleichs 23 verhindert.

Figur 3 zeigt schematisch ein drittes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei dem ein Teil des Pfades doppelt genutzt wird.

In dieser Vorrichtung 3 ist eine Quelle 30 über einen ersten Pfad 31 und über einen zweiten Pfad 32 mit einem Phasenvergleichler 33 verbunden. Der mittlere Teil des ersten Pfads 31 und der mittlere Teil des zweiten Pfads 32 ist dabei über ein gemeinsames Pfadstück 34 realisiert, der senkrecht zu einer Verbindungslinie zwischen der Quelle 30 und dem Phasenvergleichler 33 angeordnet ist und für den ersten Pfad 31 und für den zweiten Pfad 32 in entgegengesetzter Richtung genutzt wird.

Die Quelle 30 erzeugt an zwei Emissionsorten phasengleich zueinander eine Emission. Eine der Emissionen wird in den ersten Pfad 31 gespeist, das andere in den zweiten Pfad 32. Am Ende der Pfade 31, 32 werden die Emissionen von dem Phasenvergleichler 33 erfasst und ausgewertet, wie in den mit Bezug zu Figuren 1 und 2 beschriebenen Vorrichtungen 1, 2.

Die beiden Pfade 31, 32 können dabei so ausgebildet sein, dass Änderungen in der Phasenverschiebung durch eine rotatorische Bewegung der Vorrichtung 3 vermieden werden. Alternativ kann eine nachträgliche Kompensation solcher Änderungen erfolgen, wie mit Bezug zu Figur 1 beschrieben.

Figur 4 zeigt schematisch ein viertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung, in dem ein gemeinsamer Pfadteil mittels Faltung realisiert wird.

Die Vorrichtung 4 umfasst ein Ausbreitungsmedium, das von zwei flächigen Reflektoren 49, 50 begrenzt wird. In dem Ausbreitungsmedium sind auf einer Geraden parallel zu den zwei Reflektoren 49, 50 vier Reflektoren 45, 46, 47, 48 angeordnet. Diese Gerade entspricht auch der Messachse der Vorrichtung 4. Die Vorrichtung 4 umfasst ferner eine Lichtquelle 40 und zwei Detektoren 43, 44 oberhalb des Ausbreitungsmediums. Die Detektoren 43, 44 sind ferner mit einem nicht dargestellten Phasenvergleichler verbunden.

Ein erster Anteil einer von der Lichtquelle 40 erzeugten Emission wird mittels eines Splitters 51 über einen linken Lichtwellenleiter 52 auf den mittleren rechten Reflektor 47 geführt und ein zweiter Anteil dieser Emission wird über einen rechten Lichtwellenleiter 53 auf den mittleren linken Reflektor 46. Der linke Lichtwellenleiter 52 und der rechte Lichtwellenleiter 53 kreuzen sich also auf dem Weg von dem Splitter 51 zu dem jeweiligen Reflektor 47, 46.

Der mittlere rechte Reflektor 47 leitet einen von dem Splitter 51 kommenden Emissionsanteil auf der Geraden zu dem äußeren rechten Reflektor 48. Der äußere rechte Reflektor 48 lenkt den Emissionsanteil mit entgegengesetzter Richtungskomponente zum unteren Reflektor 50 um. Von dort wird der Emissionsanteil zum oberen Reflektor 49 reflektiert, weiter zum unteren Reflektor 50 und erneut zum oberen Reflektor 49. Schließlich wird der Emissionsanteil von dem oberen Reflektor 49 zu dem äußeren linken Reflektor 45 geleitet. Es versteht sich, dass die Anzahl der Reflexionen zwischen dem oberen und dem unteren Reflektor 49, 50 beliebig ist,



solange gleiche Anteile oberhalb und unterhalb der Geraden auftreten.

Der äußere linke Reflektor 45 schließlich reflektiert den Emissionsanteil zu dem mittleren linken Reflektor 46. Der mittlere linke Reflektor 46 reflektiert den Emissionsanteil in den rechten Lichtwellenleiter 53, über den der Emissionsanteil das Ausbreitungsmedium verlässt und dem rechten Detektor 44 zugeführt wird.

Der von dem Splitter 51 dem rechten Lichtwellenleiter 53 zugeführte Emissionsanteil nimmt mittels der Reflektoren 45 bis 50 den entgegengesetzten Weg wie der dem linken Lichtwellenleiter 52 zugeführte Emissionsanteil. Dieser Emissionsanteil verlässt das Ausbreitungsmedium dann auch über den linken Lichtwellenleiter 52, um dem linken Detektor 43 zugeführt zu werden.

Der in den rechten Lichtwellenleiter 53 eingespeiste Emissionsanteil breiten sich somit auf einem ersten Pfad aus, und der in den linken Lichtwellenleiter 52 eingespeiste Emissionsanteil breitet sich auf einem entgegengesetzten zweiten Pfad aus.

In dieser Vorrichtung 4 ist die Weglänge also die gleiche für beide Pfade, und auch das eingesetzte Material ist das gleiche. Im Ruhezustand erfassen die Detektoren 43, 44 somit keine Phasenverschiebung zwischen einem Emissionsanteil auf dem ersten Pfad und einem Emissionsanteil auf dem zweiten Pfad.

Wird die Vorrichtung 4 allerdings translatorisch bewegt mit einer Richtungskomponente entsprechend der Ausrichtung der Geraden, so breitet sich der

Emissionsanteil auf einem der Pfade größtenteils in der Bewegungsrichtung aus und der Emissionsanteil auf den anderen der Pfade größtenteils entgegen der Bewegungsrichtung. Die translatorische Bewegung hat also ein entgegengesetztes Vorzeichen für die jeweilige Hauptrichtung der beiden Emissionsanteile. Daraus ergibt sich eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Emissionsanteilen bei einer translatorischen Bewegung.

Die jeweilige Phasenlage wird von den Detektoren 43, 44 erfasst und an den Phasenvergleich weitergeleitet, der hieraus die aktuelle Geschwindigkeit in Richtung der Geraden bestimmt.

Die Lichtquelle 40, die Detektoren 43, 44 und der Splitter 51 der Vorrichtung 4 können beispielsweise von einem bekannten Faserkreislauf übernommen werden.

Es versteht sich, dass auch eine in den Vorrichtungen 2, 3 und 4 bestimmte Geschwindigkeit ebenso wie bezüglich der Vorrichtung 1 erwähnt auf unterschiedliche Weise genutzt werden kann.

Figur 5 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Systems, das eine Messung beliebiger translatorischer und rotatorischer Geschwindigkeiten erlaubt.

Das System 6 ist in Form eines Würfels ausgebildet. Jede der sechs Seiten des Würfels umfasst eine der Vorrichtungen gemäß Figuren 1 bis 4. Auf den drei sichtbaren Seiten des Würfels 60, 61, 62 ist die Messachse 70, 71, 72 der jeweiligen Vorrichtung angedeutet. Die drei verborgenen Seiten des Würfels

umfassen jeweils eine Vorrichtung mit einer Messachse in entgegengesetzter Ausrichtung verglichen mit der Messachse 70, 71, 72 der Vorrichtung auf der gegenüberliegenden Würfelseite 60, 61, 62. Eine Verarbeitungseinheit wertet die für die sechs Richtungen erfasste Geschwindigkeit des Systems 6 aus und ermittelt daraus die gesamte Geschwindigkeit des Systems 6, einschließlich translatorischer und rotatorischer Geschwindigkeiten, und die Richtung oder Richtungen der Bewegung.

Das hier vorgestellte Verfahren und / oder die Vorrichtung zur Messung von Geschwindigkeitsvektoren (schematische Darstellung der Funktion durch Fig. 1; Achtung Fig. 1 stellt keine Festlegung auf eine Geometrie dar!) basiert auf den Effekten nach Fizeau, Sagnac und Doppler und zeichnet sich dadurch aus, das mindestens ein (und oder mehrere) Emissionsort an mindestens ein (und/ oder mehrere) Quelle vorhanden ist, dessen Emission sich auf mindestens zwei Pfaden mit jeweils einer bekannten Geschwindigkeit und jeweils einer bekannten Wellenlänge (hier ist die universelle physikalische Wellenlänge gemeint, die jedem Objekt zuortbar ist) ausbreitet und auswertbare Interferenzen insbesondere, aber nicht notwendigerweise nur für die Zeit der jeweils notwendigen Messdauer an einen oder mehreren Messorten ergibt, sowie mindestens einen der Pfade von dem (den) so gearteten Emissionsort(en) zu dem (den) so gearteten Messort(en) derart, dass die auf diesem Pfad gegebene Phasenlage durch ein translatorisches Ereignis gegen die eines jeweils anderen Pfades verschoben wird. Dabei sind die Pfade so dargestellt, dass ein rotatorisches Ereignis, ein thermischer, oder sonstiger nicht translatorischer Einfluss keine Verschiebung der Phasenlagen zwischen

diesen Pfaden ergibt, oder diese superponierenden Ereignisse und Einflüsse durch außerhalb der Pfade liegende (=externe) Vorrichtungen korrigiert sind. Die Verschiebung der Phasenlagen (= Messsignal) die das Interferenzsignal dieser Pfade ergibt ist dann ein Maß für die Geschwindigkeit. Die Richtung ergibt sich als die Raumrichtung, für die das Messsignal für die gegebenen Pfade maximal wird (= Pfad größter Differenz). Insbesondere lässt sich so, bei Vorgabe eines definierten Geschwindigkeitsvektors die vorrichtungsimmanente Messachse ermitteln.

Die oben beschriebenen Pfade müssen nicht notwendigerweise homogen sein, das bedeutet, dass sie auch aus jeweils mehreren auch verschiedenen Teilstücken zusammengesetzt sein können.

Die benannten Effekte und damit das Messsignal treten dann auf, wenn auf den geplanten Ausbreitungspfaden die Emission sich ungehindert ausbreiten kann; anders gesagt: Die Emission die nötigen Freiheitsgrade für ihre Ausbreitung und damit die nötigen Freiheitsgrade für das Auftreten der Effekte aufweist. Veranschaulicht und damit vereinfacht gesagt: Ist z. B. ein Photon in einem Lichtwellenleiter ausschließlich in der longitudinalen Mode existent, so hat es auch nur in dieser Mode einen Freiheitsgrad und nur in diesem Freiheitsgrad wird es nachweisbare Effekte geben. Also kann und wird die Selektion einer bevorzugten Messrichtung durch die Konstruktion und physikalischen Eigenschaften des Sensors, also durch die Festlegung der Freiheitsgrade der Ausbreitung vorgegeben.

Anders ausgedrückt ist das Verfahren und /oder die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass eine wie auch immer geartete Quelle mit Emissionsorten für Strahlung dargestellt wird, die einen bekannten Phasenbezug zwischen den Emissionsorten des Messvorgangs aufweist - diese Emissionsorte können räumlichen und / oder zeitlichen Abstand aufweisen - und für die jeweils die Pfade(= Wege) eine (möglichst große) Verschiebung der Phasenlagen bezüglich einer translatorischen Bewegung aufweisen.

Maßgeblich für die prinzipiell mögliche Auflösung des hier vorstellten Verfahrens und/oder der Vorrichtung sind die Wellenlänge der Emission, sowie der Laufzeitunterschied auf den Wegen. Nachgeordnet sind die Fähigkeiten des Phasenvergleichers, sowie die statischen und systematischen Fehler.

Für die Realisierung gibt es nun eine Mannigfachigkeit an bevorzugten Ausführungsformen, aus denen hier allerdings nur einige wenige hervorgehoben werden, da diese innerhalb der Mannigfachigkeit Spezialfälle des Prinzips darstellen und andere Ausführungsformen Abwandlungen dieser sind.

In einer Ausführungsform ist die Quelle eine Lichtquelle. Im Allgemeinen ein Laser beliebiger Bauart (Linear-Ringlaser (diese kann natürlich weiterhin für Winkelmessungen genutzt werden) Festkörper-, Gas-, Flüssigkeitslaser, um nur die Oberbegriffe dazustellen. Techniken wie exotische physikalische Effekte z.B. Quantum Well und Superfluoreszenz o. ä. müssen ja wohl nicht einzeln aufgezählt werden). Und damit ist als

bekannte Geschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit gegeben.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Quelle ein wie auch immer gearteter Maser.

Als Lösungen für die Wege lassen sich in weiteren Ausführungsformen einerseits insbesondere Variationen mit Materialien, in denen die Ausbreitungsgeschwindigkeiten verschieden sind, angeben, wie auch Variationen der Weglängen (Fig. 2) wie auch die Kombination beider Vorgehensweisen.

Für die Kompensation rotatorischer Phasenverschiebungen gibt es wieder mehrere Möglichkeiten. Eine ist die geometrische Gestaltung der Wege - dazu müssen die Anteile eines Weges außerhalb der Verbindungslinie zwischen Anfang und Ende sich jeweils so verhalten, dass es zu jedem Teil auf einer Seite einen gleichgroßen Teil auf der jeweils gegenüberliegenden Seite gibt (Fig.2) - ein anderer ist die rechnerische Kompensation durch ermitteln der Drehung mittels z. B. Laserkreisel und einer anschließenden Subtraktion.

In allen Ausführungsformen wird die Emission auf die Wege aufgeteilt und zur interferometrischen Auswertung wieder zusammengeführt.

Auswirkung auf die Gestaltung einiger Ausführungsformen hat der Lock In - Effekt (vereinfacht gesagt: das Fixiertsein eines Schwingungsknotens an eine Störstelle). Der Lock In - Effekt ist in diesen Fällen zumindest für zwei der drei Raumdimensionen nötig. Ist er für eine Raumrichtungen nicht vorhanden (z.B. Laserkreisel), so

muss zwecks Erlangen eines nutzbaren Messsignals der Pfad größter Differenz eine Vektorkomponente orthogonal zu dieser Raumrichtung haben. Grund dafür ist, dass in diesem Fall der Sagnac - Effekt für die Bewegung in dieser Lock - In Effekt freien Raumdimension keine Rolle spielt, sondern die Verschiebung der Phase durch die, durch die Geschwindigkeit bedingte Verschiebung des Emissionsortes in Zusammenspiel mit der verschiedenen Laufzeit auf den einzelnen Pfaden zustande kommt. Dieses Ergebnis ist allerdings nicht eindeutig dieser Lock - In Effekt freien Raumrichtung zuzuordnen, da ebenso eine Phasenverschiebung in dieser Anordnung durch eine Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Pfades größter Differenz bedingt durch den Sagnac Effekt zustande kommt (s u.) Es ergibt sich somit ein Maß für die Geschwindigkeit in dieser durch den Pfad und die Lock - In Effekt freie Raumrichtung aufgespannten Fläche. Ein Geschwindigkeitsanteil normal zu dieser Fläche ergibt kein Signal. Wird dieses vektorielle Geschwindigkeitsmaß mit den Maßen analog ermittelter vektorieller Geschwindigkeitsmaße linear unabhängig zu dieser und zugleich linear unabhängig zueinander stehender weiterer Flächen kombiniert, so ergibt sich nach einfacher Vektorrechnung das Maß für die Geschwindigkeit im Raum. Andererseits, im Fall eines für alle Raumrichtungen vorhandenen Lock - In Effektes gibt es keine Einschränkung und der Sagnac - Effekt liefert die Verschiebung.

Im Fall, dass der Lock - In Effekt in diesen Ausführungsformen in allen Raumrichtungen vorliegt, wird in die beiden Pfade (Pfad 1 habe eine Signallaufzeit von  $t_1$  und Pfad 2 eine von  $t_2$  und es sei  $t_1 > t_2$ . Z.B.  $t_1 = a \cdot t_2$ ) zur Zeit  $t_0$  ein Signal mit identischer Phasenlage

eingespeist. Bewegt sich nun die Vorrichtung nicht, so existiert am Messort ein Interferenzsignal gebildet aus den zu den Zeiten  $t_0$  und  $t_0 + (t_1 - t_2)$  ausgesandten Signalen. Wird nun die Vorrichtung mit einer Geschwindigkeit  $v = \Delta l / \Delta t$  bewegt, so addiert sich zu beiden Pfaden die Verschiebung durch diese Bewegung und der jeweilige Pfad, also die jeweilige Laufzeit wird damit länger (Sagnac - Effekt) und zwar für Pfad 2 um  $\Delta t$  und für Pfad 1 um  $a \cdot \Delta t$ . D.h., dass am Ende des Pfades 1 eine Phase vorliegt, die der Phasenlage eines Pfades der Laufzeit  $t_1 + a \cdot \Delta t$  entspricht und am Ende des Pfades 2, da ja durch den Lock - In Effekt die ursprüngliche Phase mitgenommen wurde, eine Phase vorliegt, die der Phasenlage von  $t_2 + \Delta t$  entspricht. Und diese Änderung der Differenz der Phasenlagen Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $v$  um  $(a-1) \cdot \Delta t$  ergibt ein periodisches Interferenzsignal.

Im Fall, dass der Lock - In Effekt in diesen Ausführungsformen für eine Raumrichtung nicht vorliegt, so muss wie schon beschrieben der Pfad größte Differenz eine Vektorkomponente orthogonal zu dieser Raumrichtung haben. Für diese Vektorkomponente ergibt sich nun in ganz ähnlicher Betrachtung wie vorstehend ebenso eine Änderung der Phasendifferenz um  $(a-1) \cdot \Delta t$ .

Das hier vorgestellte Verfahren und / oder die Vorrichtung zur Messung von Geschwindigkeitsvektoren erfasst für den Fall einer dreidimensionalen Messung alle Geschwindigkeiten / Geschwindigkeitsvektoren in Summa z.B. angefangen von der Geschwindigkeit der Milchstraße im uns bekannten Universum, über die Bewegung des



Sonnensystems bzgl. des galaktischen Zentrums, über die Bewegung der Erde in Sonnensystem über die Bewegung der Erde an sich, wie auch die Bewegung der Erdkruste bis hin zur Eigenbewegung des zu messenden Objektes, wie der Eigengeschwindigkeit der Vorrichtung selber. Für die Ermittlung des entsprechend betrachteten Vektoranteils sind somit die anderen zu subtrahieren.

Eine weitere Ausführungsform nutzt als Quelle z.B. insbesondere einen Laser, eine Laserdiode (mithin ein linearer Gas-, Flüssigkeits-, oder Festkörperlaser, wie auch ein wie auch immer gearteter Ringlaser). Vom Lichtemissionsort dieses Lasers führt nun z.B. ein nach kurzem Weg gesplitteter Lichtwellenleiter (=LWL), dessen einer Ast (=Pfad) nach dem Split länger (im Sinne des vorher geschriebenen) ist als der andere und die zwecks Interferenzbildung wieder zusammengeführt werden. An dessen Ende ist dann eine Interferenzauswertevorrichtung (Phasenvergleich) z.B. mit einer Photodiode als Sensor angebracht. Dort wird dann die Phasenlage des früher ausgesandten (gespeicherten) Lichtes mit der des später ausgesandten Lichtes verglichen. Der Lichtwellenleiter wird nun entsprechend der Anforderung (s.o.) zur Selektion einer Raumrichtung verlegt. Oder aber es wird ein physikalisch analoger Aufbau mit Reflektoren und Strahlteilern wie in Fig. 2 aufgezeigt genutzt. Insbesondere lässt sich das Licht des hier eingesetzten Lasers gleichzeitig für alle mittels entsprechend angeordneter weiter gesplitteter Lichtwellenleiter zur Messung weiterer Raumrichtungen nutzen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform nutzt im Prinzip den Aufbau hinlänglich bekannter Faserkreisel. Der Kernunterschied liegt hier in der Gestaltung des

Sensorkopfes (=Pfade). Dieser besteht hier nicht aus einer aufgewickelten Lichtwellenleiterfaser, sondern aus gemäß obiger Vorschriften konstruierten Pfaden. Der prinzipielle Aufbau ist aus Fig. 3 und 4 ersichtlich. Insbesondere lässt sich das Licht des hier eingesetzten Lasers gleichzeitig für alle mittels entsprechend angeordneter weiterer gesplitteter Lichtwellenleiter zur Messung weiterer Raumrichtungen nutzen. Anstelle der Verlängerung des einen Teils des Weges durch Faltung (Fig. 4) kann auch die Änderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium durch Einsatz eines Materials mit verschiedenem Brechungsindex zur "Verlängerung" des Weges genutzt werden. Dies natürlich auch durch und in Kombination beider Formen. Es gilt: Je größer die Differenz, desto größer die Auflösung, desto empfindlicher die Ausführungsform.

Um eine Vorstellung von der Größe des Messeffektes zu erhalten sei die resultierende Verschiebung anhand einer typischen Schrittgeschwindigkeit von 3,6 km/std. verdeutlicht ( $3,6 \text{ km/std} = 1 \text{ nm/nsek}$ ) bei einem angenommen Abstand der Lichtemissionsorte von einer Lichtnanosekunde (ca. 30 cm) und einer Wellenlänge des Lichtes von 400 nm ergibt dies eine gut beherrschbare Messgröße.

Die potentiell mögliche Wiederholrate für Messungen ist im Wesentlichen durch die Laufzeit der Emission auf dem längeren Weg, sowie der nachfolgenden Verarbeitung des Signals gegeben und liegt im oberen Megahertzbereich.

Da das hier vorgestellte Verfahren und / oder die Vorrichtung ein inertiales arbeitendes System darstellt, wird ein Bezug zu einem anderen bewegten Objekt z. B.

durch einen einfachen Kontakt zu diesem darstellt.  
Ansonsten zeigt das Gerät den Eigengeschwindigkeitsvektor seiner selbst an.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird ein Pfad mindestens doppelt ausgenutzt, indem die Emission diesen in beiden (gegenläufigen) Richtungen durchstrahlt (funktions schematische Darstellung in Fig.3) Vorteil dessen ist die Einsparung eines Pfades für eine Messrichtung zwecks Minimierung der Bauteile und die Reduktion thermischer und sonstiger Pfadkonditionen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird dieser eine Pfad durch zwei separate Pfade ersetzt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden zur vollständigen Erfassung einer Bewegung - Translation und Rotation - nun wenigstens sechs der nach obigem Verfahren dargestellten Vorrichtung so im Raum verteilt, dass die Messsignale der durch das Verfahren und /oder die Vorrichtung gegebenen Messachsen durch eine geeignet gewählte mathematische Rechenvorschrift eineindeutig in die eine Bewegung charakterisierenden Raumvektoren - translatorische und rotatorische Geschwindigkeit - zerlegbar sind. Die Auflösung der rotatorischen Geschwindigkeit wird durch die Vergrößerung der Abstände der Vorrichtung und damit der Messachsen verbessert. Ein Beispiel für die Anordnung ist die Anbringung von sechs Vorrichtungen auf den sechs Flächen eines Würfels.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, in der keine vollständige Erfassung einer Bewegung gewollt und / oder erforderlich ist werden nicht benötigte Messachsen

weggelassen und /oder durch andere Verfahren und oder Vorrichtungen ersetzt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Verfahren und / oder die Vorrichtung um einen oder mehrere Beschleunigungssensoren ergänzt, damit so, ohne vorliegen einer Bewegung ein Bezug zur lokalen Schwerkraftnormalen hergestellt werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird das Verfahren und oder die Vorrichtung um eine oder mehrere Wasserwaagen o.ä. ergänzt, damit so, ohne vorliegen einer Bewegung ein Bezug zur lokalen Schwerkraftnormalen hergestellt werden kann.

Anwendungsgebiete sind Orts- und Lagebestimmung von diversen Objekten und Subjekten oder Teilen derselben, von denen exemplarisch nur einige hier aufgeführt werden:

Schreibgeräte, wie z.B. Stift, Kugelschreiber, Computer, Computermaus, Fahrrad, Motorrad, Automobil, Sonderfahrzeuge, wie Kräne, mobile Brücken, Bau- und Lastfahrzeuge, Eisenbahn, Transrapid, Hubschrauber, Lenkflugkörper, Flugzeug, Raumfahrzeug, Schiff, U-Boot, Militärfahrzeuge jeglicher Art, Kugel, Granate, Rakete, Haushaltsgeräte wie z.B. Staubsauger, Rasenmäher, Roboter für Haushalt und Industrie, Industrieriegeräte, wie Walzen, Kräne, Gabelstapler, Transportpaletten, Berg- und Tunnelbaumaschinen, wie Bohrer, Fräser, Offshoreanwendung wie Plattformstabilisierung, Tiefenbohrgeräte, Spielzeug wie Puppen, Tiere, Automobile sowie Teilkomponenten derselben sowie jeglicher Gegenstand dessen Freiheitsgrade der Bewegung festgestellt und / oder geregelt werden sollen.

Mensch, sowie Teile des Menschen, wie z. B. Finger, Hände, Arme, Beine, Füße, Kopf und Rumpf. Auch innere Teile wie die Organe oder deren Teile.

Tier, sowie Teile desselben (s. Mensch)

Die beschriebenen Ausführungsformen stellen nur ausgewählte aus einer Vielzahl von verschiedenen möglichen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung dar.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorrichtung (1;2;3;4) zum Messen einer Geschwindigkeit umfassend:

- mindestens eine Quelle (10;20;30;40) ausgestaltet zum Erzeugen mindestens einer Emission,
- mindestens zwei Pfade (11,12;21,22;31,32;41,42) auf denen sich jeweils mindestens ein Anteil mindestens einer von der mindestens einen Quelle (10;20;30;40) erzeugten Emission mit jeweils bekannter Wellenlänge und jeweils bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit ausbreitet, wobei die Pfade (11,12;21,22;31,32;41,42) derart ausgebildet sind, dass eine translatorische Bewegung der Vorrichtung (1;2;3;4) eine Phasenverschiebung zwischen den sich auf den mindestens zwei Pfaden (11,12;21,22;31,32;41,42) ausbreitenden Emissionsanteilen bewirkt, und
- Auswertmittel (13;23;33;43,44) ausgestaltet zum Erfassen von Emissionsanteilen, die die mindestens zwei Pfade (11,12;21,22;31,32;41,42) verlassen, und zum Bestimmen der Geschwindigkeit der Vorrichtung (1;2;3;4) in mindestens einer Raumrichtung durch Auswertung einer Änderung der Phasenverschiebung zwischen den erfassten Emissionsanteilen gegenüber einer Phasenverschiebung bei ruhender Vorrichtung (1;2;3;4),

wobei die Vorrichtung (1;2;3;4) so ausgebildet ist, dass eine Änderung der Phasenverschiebung der von den

Auswertmitteln (13;23;33;43,44) erfassten Emissionsanteilen aufgrund einer rotatorischen Bewegung der Vorrichtung (1;2;3;4) verhindert oder kompensiert wird.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die mindestens zwei Pfade (11,12) unterschiedliche Materialien oder unterschiedliche Kombinationen von Materialien aufweisen.
3. Vorrichtung (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die mindestens zwei Pfade (21,22) unterschiedliche geometrische Längen aufweisen.
4. Vorrichtung (2) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei zum Verhindern einer Änderung der Phasenverschiebung zwischen den von den Auswertmitteln (23) erfassten Emissionsanteilen aufgrund einer rotatorischen Bewegung der Vorrichtung (2) jeder der mindestens zwei Pfade (21,22) außerhalb einer imaginären Geraden im Wesentlichen gleich große Pfadanteile auf gegenüberliegenden Seiten dieser Geraden aufweist.
5. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner umfassend Detektionsmittel (14) ausgestaltet zum Erfassen einer rotatorischen Bewegung der Vorrichtung (1), wobei die Auswertmittel (13) ausgebildet sind zum Kompensieren einer durch eine rotatorischen Bewegung auf den mindestens zwei Pfaden (11,12) hervorgerufenen Änderung der Phasenverschiebung zwischen erfassten

Emissionsanteilen anhand von Informationen von den Detektionsmitteln (14).

6. Vorrichtung (3;4) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die mindestens zwei Pfade (31,32;41,42) so ausgebildet sind, dass sie zumindest ein gemeinsames Pfadstück (34) aufweisen, das von den in die mindestens zwei Pfade (31,32;41,42) eingespeisten Emissionsanteile in entgegengesetzter Richtung durchlaufen wird.
7. Vorrichtung (4) nach Anspruch 6, wobei das gemeinsame Pfadstück so ausgestaltet ist, dass es einen Pfadanteil aufweist, der von einem der Emissionsanteilen im Wesentlichen in Messrichtung der Vorrichtung (4) durchlaufen wird und einen Pfadanteil, der von diesem Emissionsanteil im Wesentlichen in entgegengesetzter Richtung durchlaufen wird, wobei die beiden Pfadanteile bei ruhender Vorrichtung (4) eine unterschiedliche physikalische Länge aufweisen.
8. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Beschleunigungssensor ausgebildet zur Herstellung eines Bezugs zur lokale Schwerkraftnormalen.
9. System (6) zum Messen einer Geschwindigkeit, umfassend mindestens eine Vorrichtung (1;2;3;4;) nach einem der voranstehenden Ansprüche, die in dem System (6) zum Messen einer Geschwindigkeit des Systems (6) ausgeordnet sind.



10. System (6) nach Anspruch 9, wobei die mindestens eine Vorrichtung (1;2;3;4) mindestens sechs Vorrichtungen (1;2;3;4) umfasst, die in dem System (6) zum Messen einer Geschwindigkeit und einer Rotation des Systems (6) in unterschiedlichen Raumrichtungen (70,71,72) angeordnet sind.
11. Verfahren zur Messung der Geschwindigkeit einer Vorrichtung (1;2;3;4) umfassend:
- Erzeugen mindestens einer Emission,
  - Übertragen jeweils mindestens eines Anteils der mindestens einen Emission auf mindestens zwei Pfaden (11,12;21,22;31,32;41,42) mit jeweils bekannter Wellenlänge und jeweils bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit, wobei eine translatorische Bewegung der Vorrichtung (1;2;3;4) eine Phasenverschiebung zwischen den sich auf den mindestens zwei Pfaden (11,12;21,22;31,32;41,42) ausbreitenden Emissionsanteilen bewirkt;
  - Erfassen der die mindestens zwei Pfade (11,12; 21,22;31,32;41,42) verlassenden Emissionsanteile, und
  - Bestimmen der Geschwindigkeit der Vorrichtung (1;2;3;4) in mindestens einer Raumrichtung durch Auswertung einer Änderung der Phasenverschiebung zwischen den erfassten Emissionsanteilen gegenüber einer Phasenverschiebung bei ruhender Vorrichtung (1;2;3;4), wobei eine Änderung der Phasenverschiebung der Emissionsanteile aufgrund einer rotatorischen Bewegung der Vorrichtung (1;2;3;4) verhindert oder kompensiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, umfassend

- Bestimmen der Geschwindigkeit von mindestens sechs Vorrichtungen (1;2;3;4) in sechs unterschiedlichen Raumrichtungen (70,71,72), und
- Ermitteln der Geschwindigkeit und der Rotation eines die mindestens sechs Vorrichtungen (1;2;3;4) umfassenden Systems (6) aus den für die jeweilige Vorrichtung (1;2;3;4) erfassten Geschwindigkeiten.

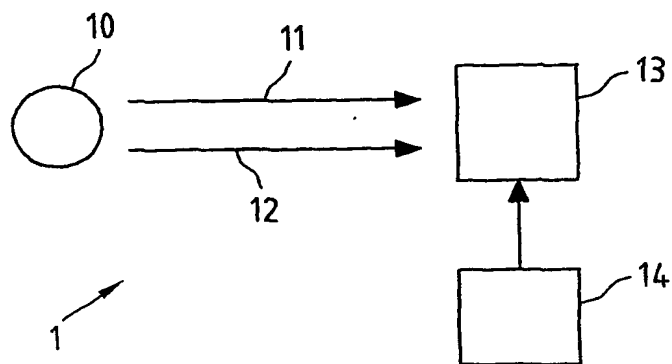


Fig.1

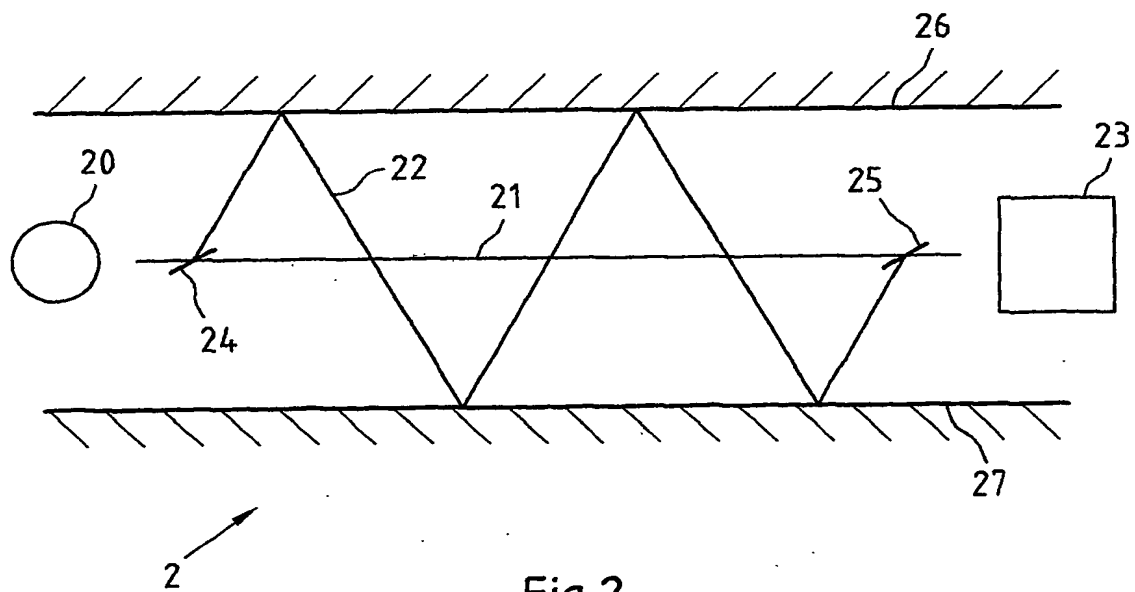
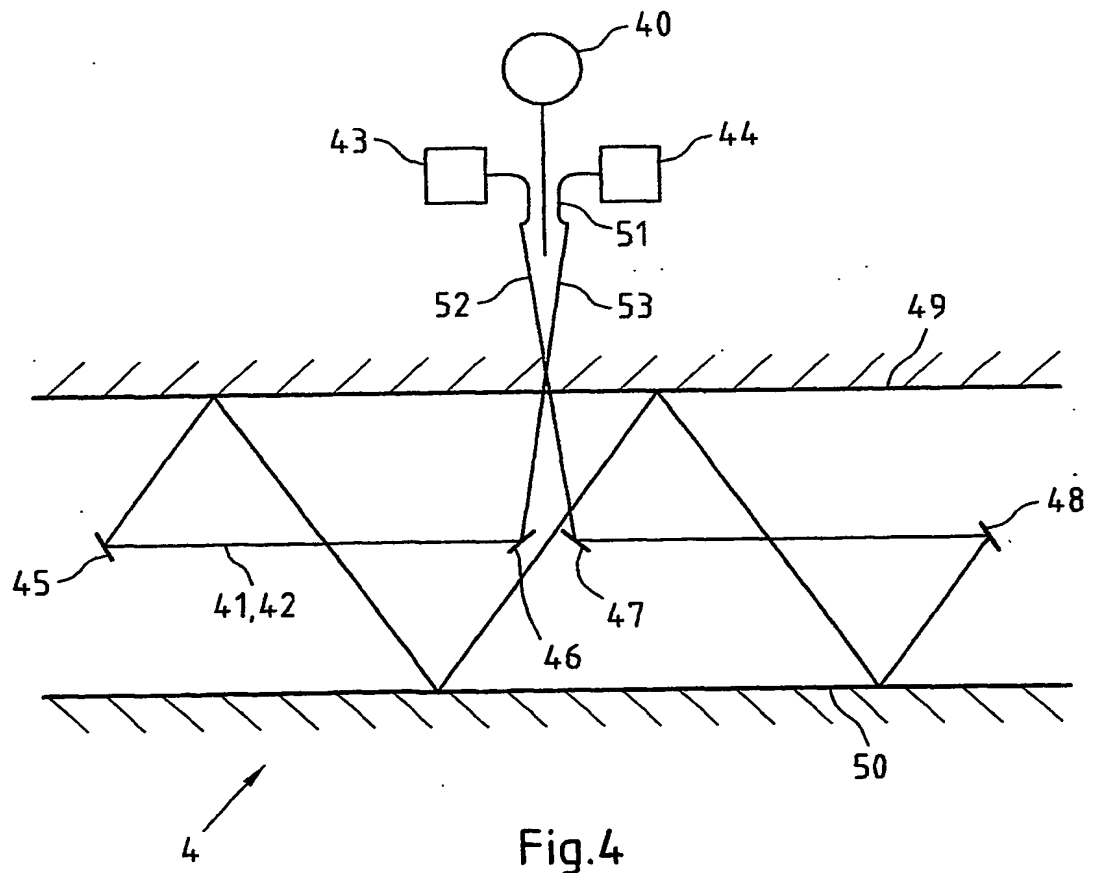
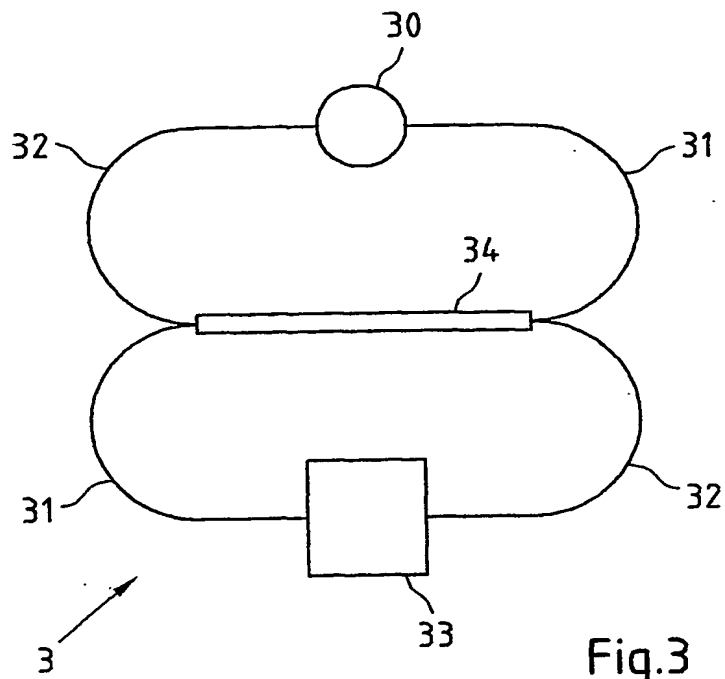


Fig.2

2/3



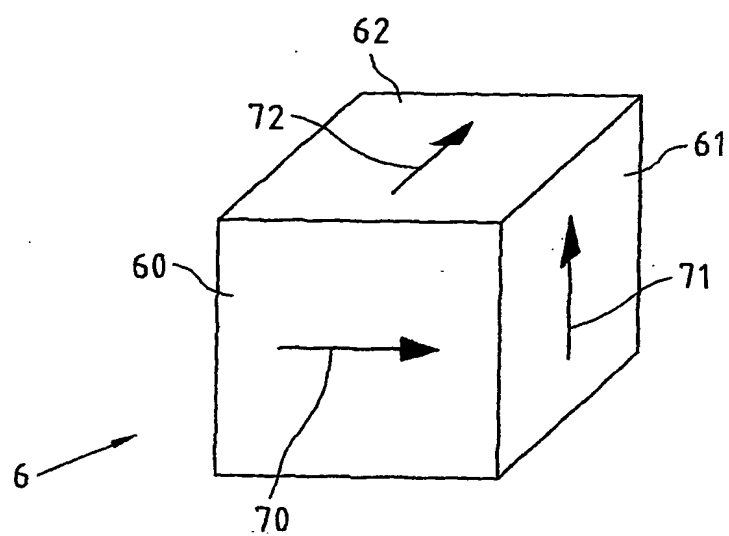


Fig.5

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/008258

### A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01S11/12 G01P3/36 G01B9/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

### B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

### C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 220 378 A (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 6 May 1987 (1987-05-06) page 2, line 41 - page 7, line 14 page 8, lines 11-14 figures 1,3,5	1-12
X	DE 100 25 395 C (LITEF GMBH) 17 January 2002 (2002-01-17) paragraphs '0001!', '0008!', '0009!', '0017!', '0022!', '0024!' - '0027!', '0043!', '0044!', '0047!'	1-4,6, 9-12
A	DE 33 35 708 A (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 11 April 1985 (1985-04-11) page 6, line 16 - page 9, line 18 page 11, lines 3-8 page 13, lines 19-23 page 14, line 11 - page 17, line 24 -/--	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

#### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 November 2004

Date of mailing of the international search report

07/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hirsch, S

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008258

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WESLEY J P: "ONEWAY SAGNAC DEVICE TO MEASURE ABSOLUTE VELOCITY"            FOUNDATIONS OF PHYSICS LETTERS, PLENUM PUBLISHING CORPORATION, NEW YORK, NY, US, vol. 7, no. 5, October 1994 (1994-10), pages 439-499, XP008015726            ISSN: 0894-9875            the whole document</p>	1-12

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2004/008258

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0220378	A	06-05-1987	DE 3619498 A1	17-12-1987
			DE 3623094 A1	09-04-1987
			EP 0220378 A1	06-05-1987
			JP 62110181 A	21-05-1987
DE 10025395	C	17-01-2002	DE 10025395 C1	17-01-2002
DE 3335708	A	11-04-1985	DE 3335708 A1	11-04-1985



# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008258

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01S11/12 G01P3/36 G01B9/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

### C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 220 378 A (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 6. Mai 1987 (1987-05-06) Seite 2, Zeile 41 - Seite 7, Zeile 14 Seite 8, Zeilen 11-14 Abbildungen 1,3,5	1-12
X	DE 100 25 395 C (LITEF GMBH) 17. Januar 2002 (2002-01-17) Absätze '0001!', '0008!', '0009!', '0017!', '0022!', '0024!' - '0027!', '0043!', '0044!', '0047!'	1-4,6, 9-12
A	DE 33 35 708 A (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 11. April 1985 (1985-04-11) Seite 6, Zeile 16 - Seite 9, Zeile 18 Seite 11, Zeilen 3-8 Seite 13, Zeilen 19-23 Seite 14, Zeile 11 - Seite 17, Zeile 24 ----- -/-	1-12

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/12/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hirsch, S

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008258

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WESLEY J P: "ONEWAY SAGNAC DEVICE TO MEASURE ABSOLUTE VELOCITY" FOUNDATIONS OF PHYSICS LETTERS, PLENUM PUBLISHING CORPORATION, NEW YORK, NY, US, Bd. 7, Nr. 5, Oktober 1994 (1994-10), Seiten 439-499, XP008015726 ISSN: 0894-9875 das ganze Dokument</p> <p>-----</p>	1-12

# BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008258

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0220378	A	06-05-1987	DE	3619498 A1	17-12-1987
			DE	3623094 A1	09-04-1987
			EP	0220378 A1	06-05-1987
			JP	62110181 A	21-05-1987
DE 10025395	C	17-01-2002	DE	10025395 C1	17-01-2002
DE 3335708	A	11-04-1985	DE	3335708 A1	11-04-1985